

AGGREGÁLT TERMELÉSI ÉS MARKETINGSTRATÉGIA KIALAKÍTÁSA

A szerző PhD dolgozata alapján készült tanulmány olyan matematikai modell bemutatására tesz kísérletet, amelynek segítségével egyidejűleg hozhatók döntések a vállalat termelési és marketingstratégiájáról. A modell lényeges vonása, hogy a keresletet nem külső adottságként kezeli, hanem marketingeszközökkel befolyásolt/befolyásolható változónak tekinti.

A vállalatok versenyerejének kulcsa a termék elérhetősége és megbízhatósága lett. Az elérhetőség és megbízhatóság a vállalat alapvető folyamatának eredménye. Ez a folyamat azokból a rendszerekből és tevékenységekből áll, amelyek értéket adnak hozzá a vevők számára készült termékekhez és nyújtott szolgáltatásokhoz.

A vállalaton belül az alapvető javak (anyagok és termékek) áramlásának folyamatát az input-átalakítás-output alrendszerekből álló hálózat tartja fenn, melyek együtt alkotják a vállalat teljes áruáramlási rendszerét*. Minden input-átalakítás-output rendszer viselkedését, és ezáltal a teljes rendszer viselkedését folyamat paraméterek és az input-átalakítás-output rendszerekhez tartozó tevékenységi szintek révén irányítják. [7]

A vállalat mint komplex rendszer kezelésére kifejlesztett módszer lényege annak felbontása kisebb, könnyebben tárgyalható, lehetőleg hierarchikus kapcsolatban levő alrendszerekre. Anthony [2] módszerét követve sok kutató a termelési és elosztási problémák felbontását javasolja három szintre: stratégiai, taktikai és tevékenységi szintekre. A rendszer teljesítményét tehát az alábbi szinteken hozott, hierarchikusan összefüggő döntések befolyásolhatják:

- folyamatválasztás/terv;

- tevékenység tervezés, amely két alszintet tartalmaz: aggregált termelési tervezés és a termelés mennyiségének időben ütemezett programozása;

- tevékenységirányítás.

A tervezési rendszer hierarchikus felépítéséről áttekintést nyújt többek között [5, 7 és 14].

A kutatások egy része a három döntési szintet újraintegráló modellek kifejlesztésére irányult, lásd pl. Hax–Candea [6], Afentakis [1], Lassere [8], és Dauzerre–Peres–Lasere [4].

Az aggregált termelési tervezés termékcsaládra, termékcsoportha vagy termékek más szélesebb kategóriájára dolgozza ki a termelési tervet. Célja, hogy meghatározza a termelési, munkaerő- és raktárkészlet szint optimális kombinációját úgy, hogy a felmerült keresletet kielégítsük. A termelési szint az időegység alatt termelt termékegységek számát mutatja. A munkaerőszint a termeléshez szükséges munkaerő mennyisége, a raktárkészlet az előző periódusról áthozott fel nem használt készlet volumene az időszak végén. [13]

A tervezési munka fontos lépése a tervezési egység meghatározása. Azt a terméket, termékcsaládot, termékcsoporthat, illetve szolgáltatási, szállítási, elosztási vagy egyéb tevékenységfajta nevezünk tervezési egységnek, amelyet a modellben egy változóval jelölünk. Ezzel tulajdonképpen az aggregáció mértékére vonatkozóan hozunk döntést. A döntési kérdések megfogalmazásakor összevonást kell tehát végeznünk a vállalat termékei, tevékenységei, szolgáltatásai között.

* A rendszertulajdonságokkal rendelkező entitások struktúrája, melyek – bizonyos feltételek között – kölcsönhatásba lépnek a rendszer állapotának változását okozó eseményekkel. (Shannon [10]). A rendszer állapota entitásai tulajdonságainak értéksorozata. A rendszer folyamata a rendszer állapotának időbeli sorozata.

Az aggregáció csökkenti a modell méreteit, változóinak számát. Az összefüggések és kapcsolatok ezáltal áttekinthetőbbek lesznek. Könnyebb az alapvető összefüggésekre koncentrálni. Túlzott részletezettség esetén fennáll annak a veszélye, hogy lényeges összefüggések homályában, rejtve maradnak, nem ismerjük fel azokat. Az aggregálás fokát úgy kell megállapítani, hogy összhangban legyen a modellalkotás céljával, a felhasználó – aki általában a vezető – igényeivel, és a rendelkezésre álló információk körével, megbízhatóságával. Általában elmondhatjuk, hogy minél magasabb fokú a modellezendő rendszer, minél hosszabb a tervhorizont – az időtáv, amelyre vonatkozóan a tervezés során célokat tűzünk ki és feltételeket állapítunk meg –, annál nagyobb fokú összevonás szükséges. Az aggregáció elméleti határát az alkalmazás területe, célja, a vezetők igénye és az áttekinthetőség követelménye határozza meg.

A termelés aggregációjának konkrét végrehajtása a vállalat műszaki-gazdasági sajátosságait figyelembe véve többféle módon lehetséges. A teljesség igénye nélkül néhány az alkalmazható módszerek közül:

Ikertermékek esetén a technológia folyamat végén meghatározott arányban több végtermék keletkezik. A vegyiparban számos olyan reakció van, ahol kémiaiilag determinált a keletkező termékek aránya. Elegendő egyetlen termékre a modellezést elvégezni, a termékszerkezetet ugyanígy ez már meghatározza.

Ha ilyen természetes meghatározottság nem áll fenn, a termékeket akkor is össze tudjuk vonni gyártmánycsoportokká, termékcsaládokká. Természetesen egyetlen terméket gyártó vállalat a valóságban ritkán fordul elő, de nem elképzelhetetlen. A villamos erőművek végterméke (az elektromos áram) homogénnek mondható. Tejüzem esetén homogénnek tekinthető az étkezési tej mint végtermék, ha a sajt, tejföl és egyéb tejtermékektől eltekintünk, illetve azokra vonatkozóan külön modellt írunk fel. Azaz minden fő termékcsaládra megalkotjuk az aggregált tervezési modellt, feltéve, hogy nem vesznek igénybe azonos erőforrást, amelyet közöttük optimálisan allokálni kell.

Az aggregált tervezési modell célja

Az aggregált termelési tervezési modell a következő jelöléseket alkalmazza $t = 1, 2, \dots, T$ periódusból álló T hosszúságú tervhorizontot tekintve [14]:

- X_t = a t -edik periódusban termelt termék mennyisége, illetve nyújtott szolgáltatás mértéke;
- D_t = a termékre irányuló kereslet a t -edik időszakban;
- W_t = a termeléshez felhasznált munkaerő mennyisége a t -edik periódus folyamán;
- I_t = a raktárkészlet mennyisége a t -edik időszak végén.

Aggregált tervezés során célunk a termelés összehangolása a fluktuáló kereslettel. Ennek megvalósítására többféle stratégia kínálkozik.

a) A termelés üteme minden időszakban egyenletes. Nem lépnek fel a munkaerőszint változtatásának költségei: felvétel, betanulás, elbocsátás, végkielégítés, valamint a túlóra, illetve alulfoglalkoztatás költségvonzatai. Magasak lesznek viszont a készletezési költségek. Hiszen, ha a termelési szint egyenletes, csak nagy raktárkészlet tartásával készülhetünk fel a kiugróan magas keresletű periódus(ok) igényének kielégítésére.

b) Ha a termelés szorosan követi a kereslet hullámzását, erre többféleképpen reagálhatunk. Munkaerőszint-változtatás esetén jelentkeznek a létszámbővítés, illetve -leépítés előbb említett költségei. Ha a meglevő létszámmal kívánjuk a termelési többletfeladatokat elvégezni, a magas keresletű időszakok folyamán jelentős túlóraköltség merül fel. Ugyanakkor a készletezési költség e stratégia követése mellett a legkisebb, gyakorlatilag a biztonsági készlet tartásának költségével egyenlő.

A vállalat számára célszerű lenne, ha a kereslet hullámzását csökkenteni tudná. Előnyös lenne, ha átrendezheznék úgy a keresletet, hogy a magas keresletű periódusokból igényt von le, és ezzel az alacsony keresletű időszakok igényét növelné. Ennek egyik módja a késleltetett kereslet-kielégítés. Ekkor az I_t készlet szintet két összetevőre bontjuk: I_t^+ jelöli a tényleges készletet, I_t^- pedig a ki nem elégített keresletet; azaz azt a mennyiséget, amennyivel az adott időszak kereslete túllépi annak termelését: $D_t > X_t$. Ez nem áll távol a valóságtól: pl. kapacitáskorlát miatt nem tudunk többet termelni, illetve nagyobb termékmennyiség gyártása már nem lenne gazdaságos. Ha nem elégítjük ki az igényt az adott periódusban, annak két következménye lehet:

1. A vevő elfordul a vállalatától, pl. a versenytárhoz pártol. Ekkor a ki nem elégített kereslet költsége az elmaradt nyereséggel jellemezhető, s tekintetbe kell venni olyan tényezőket is, mint a bizalomvesztés a vállalat iránt, a goodwill csökkenése. Ez utóbbi hatások számszerűsítése nagyon nehéz.

2. A vállalat szempontjából kedvezőbb eset, ha a vevő nem vonja vissza keresletét végleg, hanem beleegyezik az igény elhalasztásába, a kereslet késleltetett kielégítésébe (ezt újrarendelésnek is nevezzük). Annak érdekében, hogy megtartsuk a vevőt és hozzájáruljon az igénykielégítés elhalasztásához adhatunk árengedményt, nyújthatunk külön szolgáltatásokat, speciális kedvezményeket.

A vállalatnak ekkor módja nyílik arra, hogy a t periódus D_t keresletét a $(t+1)$, ..., T időszakban

elégítse ki, méghozzá olyan ütemezésben, ahogyan ez – tekintettel az időszakonként eltérő költség- és egyéb feltételekre – számára kedvező.

Késleltetett igénykielégítés révén a termelés célszerűbben ütemezhető és gazdaságosabb, mert pl. egyik periódusban olcsóbb a termelés, mint a másokban. A kereslet átcsoportosítása akkor gazdaságos, ha az átrendeződésből eredő megtakarítás nagyobb, mint az ebből keletkező költség-többlet.

A követendő stratégiákat optimálisan kell kombinálni. Ugyanis mind a munkaerőszint változtatása, mind a munkaidő kihasználatlansága (illetve túlóra felmerülése), mind a raktárkészlet tartása és a készletszint mozgatása költségeket okoz. A bemutatandó HMMS-modell az optimális termelési, munkaerő- és készletszinteket egyidejűleg határozza meg. E modell típus fejlettebb változatai a keresletet már nem input adatként, hanem árpolitikával befolyásolandó változóként kezelik. Így a modell a termelés és a kereslet globális és strukturális alakulását meghatározza, ehhez rendeli a szükséges munkakerő mennyiségeket, és kiszámítja a keletkező raktárkészlet szinteket a tervezési horizont folyamán.

A HMMS-típusú modellek fejlődése

A HMMS-elvre épülő modellek alapvető újdonsága abban van, hogy konstrukciójuk nem lineáris. Elnevezését a modellt kidolgozó *Holt*, *Modigliani*, *Muth* és *Simon* nevének kezdőbetűi után kapta. Ők fogalmazták meg elsőként azt a termelés-tervezési modellt, amely az ipari termelés matematikai módszerekkel történő megjelenítésének és megoldásának kiindulópontjaként tekinthető. Az első leírás az 1950-es években jelent meg, így az akkori kevésbé fejlett számítástechnikai háttér erősen befolyásolta a modell matematikai formáját. Többváltozós kvadratikus függvény minimumát keressük, eliminálható egyenlőségfeltételek mellett. [13, 14]

Az eddigiek mellett vezessük be az I_t^* jelölést, ami az ideális készlet szintet méri a t -edik periódus végén. Ideálisnak nevezzük azt a készlet szintet, amelyet szeretnénk elérni az adott időszakban (biztonsági készlet tartása, vagy egyéb vezetői megfontolások alapján). Az ideális készlet szintjét a kereslet lineáris függvényeként határozzuk meg. A kereslet időszora prognosztikai módszerek segítségével meghatározható.

$$I_t^* = C_8 + C_9 D_t$$

ahol C_8 az ideális készlet állandó paramétere, C_9 a kereslettel arányos paraméter. Ezek alapján a modell klasszikus formája a következő:

$$\begin{aligned} \text{MIN } Z = & \sum_{t=1}^T \{C_1 W_t + C_{13} + C_2(W_t - W_{t-1} - \\ & - C_{11})^2 + C_3(X_t - C_4 W_t)^2 + C_5 X_t - C_6 W_t + \\ & + C_{12} X_t W_t + C_7(I_t - C_8 - C_9 D_t)^2\} \\ & t \in (1, T) \end{aligned} \quad (1a)$$

$$I_{t-1} + X_t = I_t + D_t \quad t \in (1, T) \quad (1b)$$

$$X_t \geq 0; W_t \geq 0; I_t \geq 0 \quad t \in (1, T) \quad (1c)$$

A modell a következő költségeket veszi figyelembe:

1. A törvényes munkanapokon, nem túlórán ledolgozott munkaerővel kapcsolatos költségek: $C_1 W_t + C_{13}$ ahol C_1 és C_{13} nem negatív konstansok, C_{13} állandó költség, amely az optimum helyét nem befolyásolja.

2. A munkaerőszint változtatásával kapcsolatos költségek:

$$C_2(W_t - W_{t-1} - C_{11})^2$$

ahol C_2 és C_{11} nem negatív konstansok. $C_{11} = 0$, ha a költséghatás szimmetrikus, azaz a munkaerőszint növelése és csökkentése azonos megítélésű. A négyzetes költséghatás a munkaerő-felhasználás viszonylagos stabilitását biztosítja. A gyakorlatban ugyanis nem valószínű, hogy a felhasznált munkaerő nagymértékű hullámlása periódusról periódusra. Ez különböző hátrányokkal jár: pl. a betanulás költségei, kezdeti alacsonyabb termelékenység, illetve magasabb selejtarány stb. jöhet szóba.

3. A túlóra költségeit fogalmazza meg a

$$C_3(X_t - C_4 W_t)^2 + C_5 X_t - C_6 W_t \text{ összefüggés,}$$

ahol C_3, C_4, C_5, C_6

és C_{12} paraméterek. A túlóraköltségek progresszív növekedése miatt, mivel a túlóradíjak tipikusan szakaszonként lineáris konvex függvényt írnak le, a költségfüggvény parabolikus közelítése helytállóan tekinthető. A C_6 paraméter a termelékenységet méri (termékegység/fő vagy termékegység/munkaóra a W_t , dimenziójától függően). A függvény lineáris és multiplikatív összetevőjének szerepe a munkaidő kihasználatlanságából eredő ($X_t < C_4 W_t$) négyzetes

költséghatás mérséklése. Így W_t -t az X_t/C_4 szintől kissé felfelé tolja el az optimális megoldásban. Azaz a rendszer inkább elviseli a kihasználatlan munkaerőt, mint a túlórát. Ennek reális alapja az, hogy nem lehet a gyakorlatban a kihasználatlan létszámot azonnal leépíteni.

4. A készletezés költségeit az ideális készletszinttől való eltérés függvényében a

$$C_7(I_t - C_3 - C_9 D_t)_2$$

formula adja meg, ahol C_7 , C_8 , C_9 paraméterek. Az ideális készlet a kereslet lineáris függvénye, C_7 az ideális szinttől történt eltérés költséghatását méri. A hatás szimmetrikus, mivel semmi nem indokolja, hogy az egyik vagy másik irányú eltérést preferáljuk. A négyzetes költséghatás $I_t > I_t^*$ esetén a tényleges raktározási költséget, $I_t < I_t^*$ fennállásakor a késleltetett keresletkielégítés költségeit számszerűsíti. A négyzetesen emelkedő költségek megakadályozzák azt, hogy a tényleges készlet jelentősen eltérjen az ideálistól negatív irányban, és az igények kielégítetlen keresletként halmozódjanak.

A modellből az (1b) feltételrendszer eliminálható

$$I_t = I_0 + \sum_{k=1}^t X_k - \sum_{k=1}^t D_k \quad t \in (1, T) \quad (1b-1)$$

helyettesítésével. Így az I_t változók behelyettesíthetők a célfüggvénybe. A feladat a következő: az (1a) kvadrátikus függvény minimumát keressük. Ismert, hogy a minimumhely ott van (legalábbis: ott lehet), ahol az elsőrendű parciális deriváltak zérussal egyenlők. Deriválás után 2T ismeretlen tartalmazó lineáris egyenletrendszert kell megoldanunk. Ha ez a megoldás X_t -re és W_t -re nézve nem negatív, az optimum a gyakorlatban is megvalósítható.

A HMMS-modell megoldására többféle eljárást dolgoztak ki, melyeket mi itt főként a döntéshozó vezető szemszögéből tekintünk át. Legismertebbek ezek közül az LDR, a PPP és a heurisztikus eljárás. Az eljárásokat részletesen ismerteti és elemzi többek között [13] és [14], ezért róluk részletesen nem szólok. A három módszerről a következő értékelő megállapításokat tehetjük:

- Az LDR, PPP és heurisztikus eljárások, ebben a sorrendben, egyre nagyobb befolyást engednek meg a vezető részére a megoldás menetébe. Az LDR-módszer végső soron a kereslet-

idősor és a W_0 , I_0 kezdő munkaerő- és raktárszintek alapján dolgozik, mindig T hosszúságú tervhorizontot tekintve, tehát úgynevezett mozgó horizontos problémának tekinti a feladatot. A termelés, kereslet, és munkaerő a modell felépítésétől függően jelentős fluktuációt mutathat. Előfordulhat, hogy a nagyarányú munkaerőmozgás a gyakorlatban nem kivitelezhető. S ha az optimális megoldás előírásait erre nem alkalmazzuk, a várt költségmegtakarítás is elmarad.

- A PPP-eljárás ideális szinteket definiál a termelési és munkaerő szintekre vonatkozóan, amelyek a keresleti idősor és az ideális (biztonsági) készlet függvényei. Az ezekhez rendelt súlyokat a vezető határozhatja meg a vállalat adottságait elemezve, így előzetes beleszólása van a megoldás alakulásába (pl. a keresleti idősornál figyelembe kell venni, hogy az egyre távolabbi időszakra vonatkozó előrejelzett adatok megbízhatósága csökken). A követő periódus termelési és munkaerő mennyiségét mindig az ideális és aktuális szint súlyozott átlagaként határozzuk meg ezzel a módszerrel. A súlyok alkalmas megválasztásával tehát mód nyílik a változás erősségének befolyásolására. Az irodalom szerint a PPP-eljárás ugyanolyan hatékony, mint az LDR-módszer. [13]

- A harmadik módszer a heurisztikus közelítés, amely a legnagyobb szabadságot nyújtja a vezetőnek a megoldás irányításában. Az eljárás lényege az, hogy eleve csak a specifikált H, N, L termelési szintek és A, B, C készletszintek közül választ. Azaz e mennyiségek nem tetszőlegesen alakulnak, hanem viszonylag stabil szinten tartathatók. Az optimum itt nem a feltételek szerint „létező legjobbat” jelenti, hanem a specifikált irányítási paraméterek kombinációi közül a legjobbat. Tehát azt, amelyik a meghatározott termelési és készletszintek közül minimális költséggel jár. Erre a tényezőre vezethető vissza az eljárás előnye, illetve a hátránya is. Hátrálynak mondhatjuk, ha arra gondolunk, hogy biztosan létezik olyan nem definiált kombináció, amely még kisebb költséget okozna. Előny viszont azért, mivel az irányítási paraméterek nem hullámszerűen tetszőlegesen. Olyan termelési és raktárszintek határozhatók meg, amelyek közül az optimum a gyakorlatban is megvalósítható, így a modell alkalmazása ténylegesen hasznos szolgáltatást teljesít. Az irodalom szerint a heurisztikus közelítés elhanyagolható nagyságrenddel ad ma-

gasabb költséget, annak ellenére, hogy a munkaerő-, termelési és készlet szint stabil.

Árstratégia meghatározása HMMS-modell segítségével

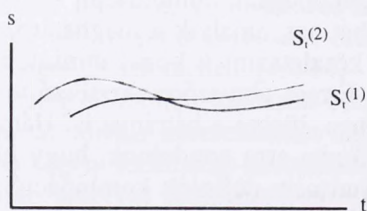
Az eredeti HMMS-konceptciónak számos változata született. Bergstrom és Smith költségminimalizálás helyett nyereségmaximalizáló célfüggvényt építettek modelljükbe. [3] A továbbfejlesztések közül kiemelésre kívánczik M. T. Tuite modellje [9], amely a marketingeszközök közül az árpolitikával befolyásolja a keresletet. Az árdiszkontálást az alacsony keresletű időszakokban végezzük, ezáltal ekkor nő az igény. Ezt a növekményt a magasabb kereslettel rendelkező periódusokból vonjuk el, így a keresleti görbe fluktuációja mérséklődik. Mivel a kereslet egyenletesebb, a termelés üteme is egyenletesebb lesz, s ezzel a felhasznált munkaerő szintje sem hullámzik olyan mértékben, mint árszállítás nélkül, és a raktárkészlet ingadozása is kisebb, hiszen az igények enyhébb fluktuációját kell közömbösítenie.

Természetesen a kereslet átrendeződése költségekkel jár, amit az árszállításból eredő veszteséggel mérhetünk. Ha a kevésbé hullámzó termelésből származó költségmegtakarítás nagyobb, mint az árdiszkontálás okozta veszteség, érdemes az árat csökkenteni.

Meg kell találni a termelési költségek esésének, a termelés egyenletesebb üteme miatt bekövetkező esésének, illetve az árdiszkontálási költségek emelkedésének egyensúlyát.

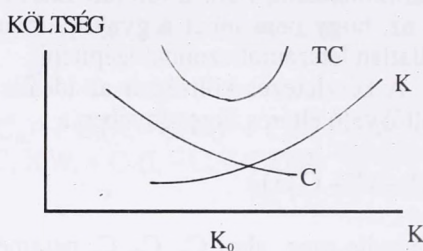
A kereslet egyenletesebbé tételét szemlélteti az 1. ábra.

1. ábra
A kereslet hullámzásának mérséklése



Ábránkon $S_i^{(1)}$ az eredeti keresleti görbét mutatja, $S_i^{(2)}$ az egyenletesebb keresletet jelöli. [S_i jelölést azért alkalmaztunk a szokásos D_i helyett, hogy ezzel is hangsúlyozzuk: a kereslet nem külső input adat.]

2. ábra
Az árdiszkontálás optimális mértékének meghatározása



K = az árdiszkontálás következtében keletkező költségek,

C = a termelés hullámzó üteme miatt felmerülő többletköltség,

TC = összes költség.

Feladatunk az árszállítás optimális mértékének meghatározása, [14] amint azt a 2. ábra illusztrálja.

A Tuite-modell [9] továbbfejlesztése az a konstrukció, amikor periódusonként eltérő rátákkal végzünk árdiszkontálást. A modell a következő: [12]

$$\text{MIN } Z = \sum_{t=1}^T Y_t + R \left(\sum_{i=1}^k p_i (b_i p_i + e_i p_i^2) \right) \quad (2a)$$

$$I_{t-1} + X_t = I_t + S_t \quad t \in (1, T) \quad (2b)$$

$$R = \frac{\sum_{t=1}^T Y_t + F}{\sum_{t=1}^T X_t} \alpha \quad (2c)$$

$$S_i = a_i^{(1)} + \frac{a_i^{(2)}}{R} + b_i p_i + e_i p_i^2 \quad i \in (1, k) \quad (2d)$$

$$S_{k+j} = a_{k+j}^{(1)} + \frac{a_{k+j}^{(2)}}{R} - \beta_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2) \quad (2e)$$

$j \in (1, T-k)$

$$P\left(\beta_j \left(\sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2) \right) \leq d_j\right) \geq \prod_j \quad (2f)$$

$j \in (1, T-k)$

$$Y_t = C_1 W_t + C_2 (W_t - W_{t-1})^2 + C_3 (X_t - C_4 W_t)^2 + C_5 X_t - C_6 W_t + C_7 (I_t - C_8 - C_9 D_t)^2$$

$$t \in (1, T) \quad (2g)$$

$$X_t \geq 0; S_t \geq 0; W_t \geq 0; I_t \geq 0 \quad t \in (1, T) \quad (2h)$$

$$p_i \geq 0 \quad i \in (1, k) \quad R \geq 0$$

Az alkalmazott új jelölések a következők:

- S_t = kereslet a t-edik periódusban, amely már nem input adat, hanem változó, amit az ár befolyásol;
 p_i = az árleszállítás mértéke;
 b_i, e_i = az árdiszkontálás és az átrendezett kereslet kapcsolatát kifejező függvény paraméterei;
 R = az értékesítési egységár;

$a_t^{(1)}$ és $a_t^{(2)}$ = a keresletfüggvényben az igénytömeg fix és árrugalmas részét kifejező paraméter a viszonylag alacsony keresletű periódusokban;

$a_{k+j}^{(1)}$ és $a_{k+j}^{(2)}$ = ugyanaz, mint az előző, de a magas igénytömeggel rendelkező periódusokra vonatkozóan;

d_j = az a kereslettömeg korlát, amelyet az elvont igény mennyisége nem haladhat meg;

Π_j = annak valószínűsége, hogy a kereslet elvonás a d_j szintet nem haladja meg;

β_j = valószínűségi változó, amely az átcsoportosított keresletre hat;

α = a nyereség mértéke az önköltség arányában;

F = fix költség.

A modell működése

A modell működése a fentiek alapján a következő. Célunk a termelési és árdiszkontálási költség minimalizálása (2a). Az alacsony igényszintű periódusokban (ami itt az egyszerűbb jelölés érdekében az első k periódus; a gyakorlati alkalmazás során természetesen bármelyik időszak lehet) 100p %-os árleszállítást végzünk.

Ez $(b_i p_i + e_i p_i^2)$ mennyiséggel növeli a keresletet (2d). A kereslet negatív rugalmasságú, az árral fordítottan arányos az $a_t^{(1)}$ és $a_t^{(2)}$ paramétereken keresztül. Mivel a modell költségminimalizáló, ezért a kereslet, és így a termelés, csak úgy nőhet az árpolitika révén, ha ezt a növekményt más periódusokban nem kell megtermelni. Azaz a növekmény a magas keresletű időszakból származik, s így globálisan a kereslet nem növekszik. Ezt fejezi ki a (2e) feltétel. Az árleszállítás következtében a $(k+j)$ -edik időszakban a kereslet

$$\sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2)$$

mennyiséggel csökken, ahol β_j normális eloszlású valószínűségi változó β_j várható értékkel és σ_j szórással. A várható értékek összege egyenlő eggyel, és β_j -k egymástól függetlenek. A (2f) valószínűségfeltétel azt fejezi ki, hogy a $(k+j)$ -edik periódus keresletének csökkenése ne lépje túl a d_j mennyiséget, legalább Π_j valószínűségi szinten. A transzformált valószínűségi változók várható értékére és szórására vonatkozó összefüggések ismeretében

$$a \beta_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2) \text{ transzformált valószínűségi}$$

változó várható értéke:

$$\sum_{i=1}^k \beta_j (b_i p_i + e_i p_i^2),$$

szórása:

$$\sigma_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2).$$

Keressük most az a λ -t, amelyre a

$$P(\beta_j (\sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2)) \leq \bar{\beta}_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2) + \lambda \sigma_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2)) = \Pi_j$$

összefüggés teljesül. Jelöljük ezt $\lambda(\Pi_j)$ -vel. Annak valószínűségét keressük tehát, hogy a transzformált valószínűségi változó kisebb, mint saját várható értékének és szórása λ -szorosának összege, adott Π_j legyen. Így a (2f) feltétel a következő determinisztikus feltétellel helyettesíthető:

$$\bar{\beta}_j (\sum_{i=1}^k b_i p_i + e_i p_i^2) + \lambda(\Pi_j) \sigma_j \sum_{i=1}^k (b_i p_i + e_i p_i^2) \leq d_j \quad j \in (1, T-k) \quad (2f-1)$$

Azaz a várható érték és a szórás $\lambda(\Pi_j)$ -szeresének összege legfeljebb d_j legyen.

A (2g) a HMMS-típusú célfüggvényt fejezi ki. A kifejezés eliminálható, ha a célfüggvényben Y_t

helyére a megfelelő költségfüggvényt írjuk. A (2b) raktározási mérlegegyenlet is helyettesíthető

$$I_t = I_0 + \sum_{k=1}^t X_k - \sum_{k=1}^t S_k \quad t \in (1, T-k) \quad (2b-1)$$

szerint, s így az I_t változók kiküszöbölhetők. Az önköltségarányos árat (2c) írja le. Az ár kiszámítása így történik: a termékegységre jutó összes költség szorozva a nyereségrátával.

A modell konzisztenciáját a keresleti függvény, az árfüggvény és a HMMS-célfüggvény kölcsönhatása biztosítja. A keresletet az ár függvényében határozzuk meg: alacsony ár magas keresletet indukál, és fordítva, magasabb ár mellett kisebb az igény. A nagyobb keresletet a termelés növelésével elégíti ki a rendszer, s így a költségek is emelkednek. Mivel az ár önköltségarányos, ennek következtében a költségnövekedés emeli az árat. Az ár növekedés, a keresletfüggvény negatív elaszticitása miatt, csökkenti a keresletet. Így a termelés, s ezzel az önköltség, majd az ár esik.

A költségminimalizáló célfüggvény keresi a leggazdaságosabb megoldást, és a termelést igyekszik alacsony szintre szorítani. A rendszer teljesítménye zérussá tételének: $X_t = 0$ ($t=1, 2, \dots, T$) bekövetkezésének útját állja az alacsony önköltség és így az alacsony ár miatt felmerülő magas kereslet. S ezt az igényt, legalábbis bizonyos mértékig, ki kell elégíteni. Nem vezethet a modell sorozatosan kielégítetlen kereslethez.

Megakadályozza ezt a célfüggvény $C_7(I_t - I_t^*)^2$ kifejezése, ahol, mint láttuk, $I_t^* = C_8 - C_9 S_t$ az ideális készlet szintet jelöli. Az ideális szinttől eltérő készlet – akár pozitív, akár negatív irányban – négyzetes költséghatást indukál. Ezért a minimális költség elérése céljából a rendszer kénytelen az ideális készletmennyiség felé orientálódni, azaz nem lehet nagymértékű kielégítetlen kereslet, s ugyanígy nagy mennyiségű tényleges készlet sem. A „nagy” minősítés relatív értelemben értendő, az ideálisnak definiált raktárkészlethez viszonyítva. A modell ezért igyekszik a készlet szintet az ideális szint közelében stabilizálni, és a termelés követi a kereslet alakulását.

A rendszer viszont a keresletet aktívan befolyásolja, árdiszkontálás útján keresletátrendezést végez, s így a termelést egyenletesebbé teszi. A $C_3(X_t - C_4 W_t)^2$ összefüggésen keresztül a munkaerő-felhasználás igazodik a termeléshez. Azaz,

ha a termelés kevésbé hullámzik, akkor a munkaerő-felhasználás is egyenletesebb, ami költségmegtakarítást jelent.

A modell gyakorlati alkalmazását a termelési és árpolitika meghatározására a Pécsi Bőrgyárban a [11] tanulmány mutatja be. Az ismertetett rendszer alapvető jelentősége abban áll, hogy a keresletet már nem külső adottságként kezeli, hanem marketingeszközökkel befolyásolt változónak tekinti. S a kereslet függvényében határozza meg a többi változó alakulását a tervhorizont folyamán. Összekapcsolja a termelési és a marketingstratégiát, lehetővé teszi, hogy a termelésre vonatkozó döntéseket a marketingösszefüggések figyelembevételével hozzuk meg.

Hivatkozott irodalom

- [1] Afentakis, P.: Simultaneous lotsizing and sequencing for multistage production systems, IEE Transaction 17/4, 1985
- [2] Anthony, R. N.: Planning and Control System: A Framework for Analysis, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1965
- [3] Bergstrom, G. L.–Smith, W. A.: Multi-Item Production Planning – an Extension of the HMMS-Rules. Management Science, June 1970
- [4] Dauzere-Peres, S.–Léassere, J. B.: Integration of Lot-sizing and Scheduling Decisions in a Job-Shop, European Journal of Operational Research, 75, 1994
- [5] Dilworth, J. B.: Operations Management, Mc-Graw Hill, NJ, 1992
- [6] Hax, A. C.–Candea, D.: Production and Inventory Management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984
- [7] Kuik, R.–Salomon, M.–Van Wassenhove, L. N.: Batching Decisions: Structure and Models, European Journal of Operational Research, 75, 1994
- [8] Lassere, J. B.: An Integrated Model for Job Shop Planning and Scheduling, Management Science, 38/8, 1992
- [9] Tuite, M. T.: Merging Marketing Strategy Selection and Production Scheduling: A Higher Order Optimum. Journal of Industrial Engineering, February 1968
- [10] Shannon, R. E.: System Simulations: The Art and Science, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1975
- [11] Szentmiklósi Miklós: Speciális, nemlineáris többváltozós modell alkalmazásának tapasztalatai a termelési politika megalapozásában. Ipargazdaság, 1985. június
- [12] Vörös József–Csébfalvi György: Magasabb rendű optimumok a termelés-tervezésben. Szigma, 1981. 2–3. sz.
- [13] Vörös József: A termelés-tervezés operációkutatási modelljei és módszerei (Kézirat). JPTE Pécs, 1982
- [14] Vörös József: Termelés management. JPTE Kiadó, 1993